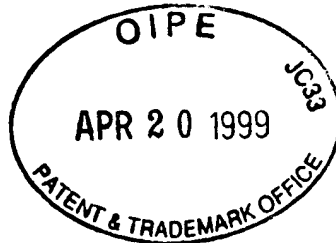


Atty. Dkt.
33082W001
(33082R003)



PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicants : NANBU, et al.
Serial No. : 09/233,073
Filed : January 19, 1999
For : METHOD OF ETCHING

H#5/Priority
Paper
6/4/99

CLAIM FOR PRIORITY

Hon. Assistant Commissioner For Patents
Washington, DC 20231

Sir:

Under the provisions of 35 U.S.C. Section 119, Applicants hereby claims the benefit of Japanese Patent Application No. JP 89421/1998 filed on March 18, 1998 for the above-identified United States Patent Application.

In support of Applicants claim for priority, a certified copy of the above-identified application is attached hereto.

Respectfully submitted,

SMITH, GAMBRELL & RUSSELL, LLP
BEVERIDGE, DEGRANDI, WEILACHER & YOUNG
INTELLECTUAL PROPERTY GROUP

By: 

Dennis C. Rodgers, Reg. No. 32,936
1850 M Street, NW - Suite 800
Washington, DC 20036

TEL: (202) 659-2811
FAX: (202) 659-1462

April 20, 1999

日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application:

APR 20 1999

1998年 3月18日

出 願 番 号
Application Number:

平成10年特許願第089421号

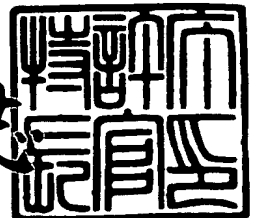
出 願 人
Applicant(s):

南部 健一
東京エレクトロン株式会社

1999年 4月 9日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

伴佐山 建志



出証番号 出証特平11-3021601

【書類名】 特許願

【整理番号】 JP972163

【特記事項】 特許法第30条第1項の規定の適用を受けようとする特許出願

【提出日】 平成10年 3月18日

【あて先】 特許庁長官 荒井 寿光 殿

【国際特許分類】 H01L 21/205

【発明の名称】 エッチング方法

【請求項の数】 3

【発明者】

 【住所又は居所】 宮城県仙台市泉区高森四丁目2-347

 【氏名】 南部 健一

【発明者】

 【住所又は居所】 山梨県韮崎市穂坂三ツ沢650 東京エレクトロン株式会社 総合研究所内

 【氏名】 森本 保

【特許出願人】

 【住所又は居所】 宮城県仙台市泉区高森四丁目2-347

 【氏名又は名称】 南部 健一

【特許出願人】

 【識別番号】 000219967

 【氏名又は名称】 東京エレクトロン株式会社

 【代表者】 東 哲郎

【代理人】

 【識別番号】 100090125

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 浅井 章弘

【手数料の表示】

 【納付方法】 予納

【予納台帳番号】 049906

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9105400

【書類名】 明細書

【発明の名称】 エッチング方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 エッチングガスを導入するガス導入部と、高周波により前記エッチングガスをプラズマ化することにより活性種を形成するプラズマ形成室と、このプラズマ形成室に連結されて前記プラズマ形成室よりも大きな直径の空間を有する反応室と、この反応室内に設けられて、前記プラズマ形成室から流下する前記活性種によりエッチング処理を施すための被処理体を載置する載置台と、前記反応室内を真空引きする真空排気系とを有するエッチング装置を用いて行なうエッチング方法において、前記エッチングガスを、前記反応室の実質的な容量の1リットルに対して8.4 s c c m以上の流量で供給するようにしたことを特徴とするエッチング方法。

【請求項2】 前記プラズマ形成室の外周には、高周波電源に接続された誘導コイルが巻回されており、誘導結合によりプラズマを発生することを特徴とする請求項1記載のエッチング方法。

【請求項3】 前記エッチングガスは塩素ガスよりなり、前記被処理体に形成されたポリシリコン膜をエッチングすることを特徴とする請求項1または2記載のエッチング方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ポリシリコン膜等の薄膜をエッチングするためのエッチング方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

一般に、半導体集積回路やLCD基板等を製造するためには、半導体ウエハやガラス基板等の基板に対して、成膜とパターンエッチング等を繰り返し行なって、多数の所望の素子を形成するようになっている。

そして、多数の素子の中でも、例えばMOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) を製造する場合には、このMOSFETのゲート電極であるポリシリコン膜のエッチング工程は非常に重要となる。その理由は、このMOSFETのゲート電極長は、素子自体の電気的特性を決定する上で重要な要素となるからである。そのために、このエッチング工程ではゲート電極長を基板全面に亘って正確にエッチングしなければならない、非常に精度の高い加工と加工均一性が要求される。

【0003】

このポリシリコンのエッチングプロセスは、従来の平行平板型のプラズマエッチング装置ではプロセス圧が高過ぎてエッチングの面内均一性を十分に高く維持できないことから、数mTorr台の低いプロセス圧を実現することができる誘導結合型のプラズマ処理装置が主として用いられている。

図7は上述したような従来の一般的な誘導結合型のプラズマ処理装置を示す模式図である。このプラズマ処理装置は、略円筒体状の処理容器2を有し、この内部が反応室内となる。この処理容器2の内部に半導体ウエハWを載置するための載置台4を設けている。処理容器2内の雰囲気は、載置台4の周囲に沿って容器底部に設けた環状の排気口6から真空排気される。

【0004】

処理容器2の天井部には、これよりも直径の小さなプラズマ形成容器8が下方と連通させて設けられており、内部にプラズマ形成室を形成している。このプラズマ形成容器8には、例えば13.56MHzの高周波電源10に接続された誘導コイルが巻回されている。

そして、プラズマ形成容器8の天井部に設けたガス導入部14から導入されたエッチングガス、例えば塩素(Cl_2)ガスは、誘導コイル12により発生される電磁界により解離されてプラズマ状態となり、このプラズマにより塩素分子或いは原子が活性化されて活性種を生成する。この時の塩素ガスの供給量は、例えば反応室の容量が59リットルに対して125sccm程度である。この活性種は、プラズマ形成室から流下して処理容器2の反応室内へ流れ込み、この際、プ

ラズマ形成室の出口に設けた傘状の整流板 16 によって活性種は案内されつつ拡散されて、ウエハ表面上に略均等に流下し、ウエハ表面の例えばポリシリコン膜をエッチングすることになる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、数 mTorr 程度の低圧下でプラズマ形成容器 8 内から処理容器 2 内へ流下するガス或いは活性種の挙動、或いは流れ方は非常に複雑であり、従来このような低圧下ではガス或いは活性種は主として拡散により拡がり、略ウエハ表面上に均一に流下するものと考えられていた。

しかしながら、上述したような方法では、ウエハ中心部と周辺部との間でエッチングレートにかなり差があり、エッチングの面内均一性が劣化する場合があった。それでも、6 インチ、8 インチサイズのウエハの場合には、このエッチングの不均一性がそれ程問題とはならなかったが、ウエハサイズが 12 インチ (30 cm) になって大型化すると、このエッチングの不均一性がかなり大きくなり、所望する面内均一性が得られなくなるという問題があった。

【0006】

本発明は、以上のような問題点に着目し、これを有効に解決すべく創案されたものである。本発明の目的は、エッチングレートの面内均一性を大幅に改善することができるエッチング方法を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】

本発明者は、エッチングガスや活性種の流れについて、ガス供給量を種々大幅に変更してシミュレーションを行なった結果、ガス供給量を多くすると、拡散によるウエハ周縁部への流束は大きくは変化しないが、流れによるウエハ周縁部への流束は大きく変化して全体的にエッチングレートの面内均一性を向上させることができる、という知見を得ることにより、本発明に至ったものである。

【0008】

本発明は、上記問題点を解決するために、エッチングガスを導入するガス導入部と、高周波により前記エッチングガスをプラズマ化することにより活性種を形

成するプラズマ形成室と、このプラズマ形成室に連結されて前記プラズマ形成室よりも大きな直径の空間を有する反応室と、この反応室内に設けられて、前記プラズマ形成室から流下する前記活性種によりエッチング処理を施すための被処理体を載置する載置台と、前記反応室内を真空引きする真空排気系とを有するエッチング装置を用いて行なうエッチング方法において、前記エッチングガスを、前記反応室の実質的な容量の1リットルに対して8.4 s c c m以上の流量で供給するようにしたものである。

【0009】

このように、エッチングガスを、反応室の実質的な容量の1リットルに対して8.4 s c c m以上の流量で流すことにより、エッチングレートのみならず、エッチングの面内均一性も向上させることが可能となる。このようなエッチング処理は、プラズマ形成室の外周に高周波電源の接続された誘導コイルを巻回して誘導結合によりプラズマを発生する誘導結合方式により行なうことができる。また、エッチングガスとしては例えば塩素ガスを用い、これにより被処理体の表面に形成されている例えばポリシリコン膜をエッチングする。

【0010】

【発明の実施の形態】

以下に、本発明に係るエッチング方法の一実施例を添付図面に基づいて詳述する。

図1は本発明方法を実施するために用いるプラズマ処理装置を示す概略構成図、図2はエッチング時のエッチングガスの反応を示す図、図3はエッチングガスの流量を種々変更した時のエッチングレートの変化を示すグラフである。

図示するようにこのプラズマ処理装置18は、例えばアルミニウム等よりなる略円筒体状の処理容器20を有しており、この内部空間が反応室22として形成される。この処理容器20内には、被処理体である例えば半導体ウエハWを載置するための例えば金属や絶縁体製の円形の載置台24が設置されている。尚、載置台24にウエハ温度をコントロールする抵抗ヒータ及びイオンを引き込むための電極等を設けるようにしてもよい。そして、この載置台24を囲むようにして処理容器20の底部には、円環状の排気口26が設けられており、この排気口2

6には途中に真空ポンプ28を介設した真空排気系30が接続されており、処理容器20内を真空引きできるようになっている。また、処理容器20の側壁には、ウェハWの搬入搬出時に開閉されるゲートバルブ32が設けられる。尚、載置台24には、これを気密に貫通してウェハWの搬入搬出時に下方より昇降する図示しないリフトピンが設けられるのは勿論である。

【0011】

そして、処理容器20の天井部32の中央には、開口34が形成されており、この開口34には、例えば石英により略円筒体状に成形されたプラズマ形成容器36がシール部材38を介して気密に取り付け固定されており、プラズマ形成容器36内にプラズマ形成室40を構成している。従って、プラズマ形成室40は、開口34を介してこれよりも大きな直径である反応室22に連通される。

上記プラズマ形成容器36の天井部には、ガス導入部としてシャワーヘッド部42が設けられており、このシャワーヘッド部42の下面に形成した複数のガス噴射孔44からプラズマ形成室40内に向けて、例えば塩素ガス(Cl_2)よりなるエッチングガスを供給できるようになっている。

【0012】

また、このプラズマ形成容器36の外周には、誘導コイル46が所定の回数だけ巻回されており、この誘導コイル46は例えば13.56MHzの高周波電源48が接続されている。そして、この誘導コイル46に13.56MHzの高周波を流すことによって、プラズマ形成室40内においてエッチングガスをプラズマ化して活性種を形成し得るようになっている。ここで各部の寸法は、例えば8インチ(30cm)サイズのウェハWをエッチング処理する場合には、載置台24の直径L1は400mm程度、処理容器20内の天井部32と載置台24との間の距離L2は300mm程度、処理容器20内(反応室22)の直径L3は500mm程度、プラズマ形成容器36(プラズマ形成室40)内の直径L4は200mm程度、プラズマ形成室40の高さL5は200mm程度、載置台24の厚さL6は50mm程度にそれぞれ設定されている。従って、反応室22の実質的な容量は、59リットル($=\pi \times 250\text{mm} \times 250\text{mm} \times 300\text{mm}$)程度となる。

【0013】

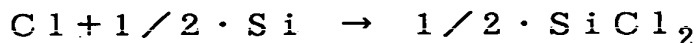
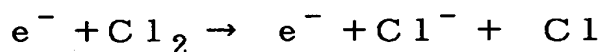
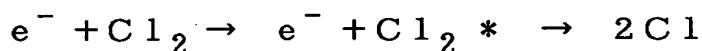
次に、以上のように構成された装置を用いて行なわれる本発明方法について説明する。

まず、開閉可能なゲートバルブ32を介して処理容器20内へ搬入されたウエハWは、載置台24上に載置され、容器20内を密閉した後に処理が開始される。プラズマ形成容器36の天井部に設けたシャワーヘッド部42からは、エッチングガスとして塩素ガスが所定の流量でプラズマ形成室40内へ導入され、ここで誘導コイル46により発生される電磁界によってエッチングガスはプラズマ化され、このプラズマにより塩素原子や塩素分子の活性種が生成される。

【0014】

このエッチングガスや活性種は、プラズマ形成室40からこの下方の広い反応室22内へ拡散しながら流れ込み、反応室22内を流下しながらウエハ表面上に到達してウエハWの表面の例えばポリシリコン膜をエッチングすることになる。そして、エッチング処理済みのガスは、ウエハWの周辺部へ流れて行き、載置台24を囲むようにして環状に設けた排気口26から流出して真空排気系30により排出される。

ここで、図2にも示すように、塩素ガスは下記式に従って電子 e^- によって活性化されてシリコンと反応すると考えられる。



ここで上記式中のマーク*は電子励起状態であることを示す。

【0015】

そして、本発明においては、プロセス圧力を例えば5~10mTorr程度の範囲内で一定としてエッチングガスの供給量を500sccm以上に設定する。通常は、ここに記載したような反応室22の実質的な容量が59リットル程度の場合には、エッチングガスの流量は、125sccm程度であるが、本発明では、上述のようにこれよりも遥かに多い500sccm以上の流量でエッチングガスを供給する。この流量は、反応室22の実質的な容量の1リットルに対して8

、4 s c c m以上の流量となる。

このような多量のエッチングガスを供給することにより、全体としてのエッチングレートを向上させることができるのみならず、エッチングの面内均一性も向上させることが可能となる。

【0016】

図3は、前述した装置例において、エッチングガスの供給量を150 s c c m～1000 s c c mまで種々変更した時におけるウエハ表面上のエッチングレートの分布を示すグラフである。この時のプロセス圧力は略5 m T o r rとなるように一定に維持している。

横軸は、ウエハの半径の長さ r_w と中心から半径方向の長さ r との比で表している。このグラフから明らかなように、エッチングガスの流量に関係なく、ウエハ中心と比較してウエハ周辺部においてはエッチングレートが急激に上昇している。しかしながら、エッチングガスの供給量が125 s c c m、250 s c c mの場合には、ウエハ中央部から中周部におけるエッチングレートの変動量がある程度以上大きく、しかも、ウエハ周辺部におけるエッチングレートの上昇量もかなり大きくなって、全体としてエッチングレートの面内均一性があまり良好ではない。

【0017】

これに対して、エッチングガスの供給量が500 s c c m、1000 s c c mの場合には、ウエハ中央部から中周部におけるエッチングレートの変動量は非常に少なく実質的には略ゼロであり、また、ウエハ周辺部におけるエッチングレートの上昇量は、供給量が125 s c c mや250 s c c mの場合と比較してそれ程多くない。従って、エッチングガスの供給量を500 s c c m以上（8.4 s c c m以上／反応室の実質的な容量の1リットル）とすることにより、エッチングの面内均一性を大幅に向上できることが判明する。

尚、この場合、プロセス圧力は、プラズマが立ち得る数m T o r r以下の圧力であれば上述した流量を適用し得る。

【0018】

ここで上記した結果についてD S M C (D i r e c t S i m u l a t i o n

Monte Carlo) 法を用いてエッチングガスや反応生成物の流れ場の解析をシミュレーションによって検証したので、その点について説明する。

図4は反応室内のCl濃度を3次元的に示すグラフであり、グラフ中においてrはウェハ中心より少し下方の点O(図2参照)から半径方向への距離を示し、Zは点Oから高さ方向への距離を示し、また縦軸は塩素濃度(密度場)を示す。従って、シャワーヘッド部42はZ=0.55mの位置に設定されていることになる。塩素ガスに関しては、図4(A)は1000sccmの流量であり、図4(B)は250sccmの流量であり、図4(C)は125sccmの流量である。図中の矢印はガスの流れ方向を示している。また、この時の各ガスの分圧及び全圧を表1に示す。尚、表1中には流量が500sccmの場合も示す。

【0019】

【表1】

流量 (sccm)	total (Pa)	Cl ₂ (Pa)	Cl (Pa)	SiCl ₂ (Pa)
1000	0.447	0.211	0.243	0.0228
500	0.477	0.229	0.226	0.0223
250	0.478	0.201	0.231	0.0459
125	0.479	0.170	0.224	0.0858

【0020】

グラフから明らかなように塩素原子の拡散によるウェハへの数流束は、密度勾配に比例し、エッチングガス流量を125sccmから1000sccmへ増加する程、大きくなることが判明する。これが、エッチングレートがエッチングガス流量の増加と共に増加する理由である。しかしながら、表1を参照すると、圧力を測定している点での塩素原子の分圧は、エッチングガスの流量に依存しないで略一定であるので、これだけではエッチングレートがエッチングガス流量によって大きく変化していること全てを説明していることにならない。

また、図4において、ウェハがない部分での塩素原子の密度が高いことが分かる。これにより、ウェハがない部分から塩素原子がウェハの周辺部へ拡散するので、ウェハ周辺部でのエッチングレートが大きくなる理由が理解できる。しかしながら、エッチングガスの流量を変えてもウェハとウェハのない部分との間の境

界位置で密度勾配は大きく変化していないので、拡散による流束がエッチングレートに大きく寄与するとは考えることができない。

【0021】

次に、反応副生成物である SiCl_2 の密度場について検討する。図5は反応室内の SiCl_2 濃度を3次元的に示すグラフであり、各軸の関係は図4の場合と同じである。塩素ガスに関しては、図5(A)は1000 sccmの流量であり、図5(B)は250 sccmの流量であり、図5(C)は125 sccmの流量である。尚、図5においては、図4の場合に対してZ軸方向が逆になっている点に注意されたい。このグラフから明らかなように、各図においてウエハ表面が SiCl_2 の薄い層に覆われているのが分かり、エッチングガスの流量が125 sccmから1000 sccmに向けて増すと、その SiCl_2 の薄い層が次第に薄くなり、反応室内の SiCl_2 の量も減少することが判明する。この SiCl_2 の層が薄くなると、エッチャントである塩素原子は、ウエハ表面に到達し易くなる。言い換えれば、エッチングガスの供給量が多くなると、エッチャントのウエハ表面への供給が多くなり、エッチングが推進される。また、Z座標がウエハの位置で、径方向位置がウエハがない部分での SiCl_2 の密度勾配は、エッチングガスの流量が大きい程きつくなる。これは、 SiCl_2 を周辺部分で速やかに排気し、流量が大きいときに周辺部分でエッチングレートが大きくなる原因であると考えられる。

【0022】

次に、エッチングガスの流れ場について考察する。

図6及び図7はウエハ周辺部におけるエッチャントの流速分布を示しており、図6(A)はエッチングガスの流量が1000 sccmの場合、図6(B)はエッチングガスの流量が500 sccmの場合、図7(A)はエッチングガスの流量が250 sccmの場合、図7(B)はエッチングガスの流量が125 sccmである。この図から明らかなように、大流量になれば、エッチャントである塩素原子Clの流れが強くなる。これが、エッチングガスの流量の増加と共にエッチングレートが増加するもう1つの理由である。

【0023】

また、図6(A)に示すようにエッチングガスが大流量の場合には、エッチャントの流れの岐点がウエハの周辺部近くにあるが、図6(B)、図7(A)、図7(B)に示すようにエッチングガスが次第に小流量になるに従って、エッチャントの流れの岐点はウエハの外側方向に向かって移って行き、図7(B)に示す125sccmの時には、岐点はウエハの略外側に位置する。これがウエハ中央部側へ強い流れを誘起して小流量の条件下で、ウエハ端近傍においてエッチングレートが広く上がってしまう原因となっていることが判明する。従って、図6(A)及び図6(B)に示すように大流量の条件下ならば、ウエハ端近傍においてエッチングレートの上昇を抑制することができ、これがためにエッチングレートの面内均一性を向上させることができる点が判明する。

【0024】

尚、本実施例においては、ICP（誘導結合プラズマ）式のエッチング装置を用いて説明したが、これに限定されず、容量結合プラズマ（CCP）式のエッチング装置、サイクロトロン共鳴（ECR）式のプラズマ装置等にも適用できるのは勿論である。

また、エッチングガスとしては塩素ガスに限定されず、例えばClF系ガス等も用いることができる。また、被処理体としては、半導体ウエハに限定されず、ガラス基板、LCD基板等にも適用できるのは勿論である。

【0025】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明のエッチング方法によれば、次のように優れた作用効果を発揮することができる。

被処理体にエッチング処理を施すに際して、エッチングガスを、反応室の実質的な容量の1リットルに対して8.4sccm以上の流量で供給するようにしたので、被処理体全体のエッチングレートを高めることができるのみならず、エッチングの面内均一性も向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明方法を実施するために用いるプラズマ処理装置を示す概略構成図である

【図 2】

エッチング時のエッチングガスの反応を示す図である。

【図 3】

エッチングガスの流量を種々変更した時のエッチングレートの変化を示すグラフである。

【図 4】

反応室内の Cl 濃度を 3 次元的に示すグラフである。

【図 5】

反応室内の SiCl_2 濃度を 3 次元的に示すグラフである。

【図 6】

ウェハ周辺部におけるエッチャントの流速分布を示す図である。

【図 7】

ウェハ周辺部におけるエッチャントの流速分布を示す図である。

【図 8】

従来の一一般的な誘導結合型のプラズマ処理装置を示す模式図である。

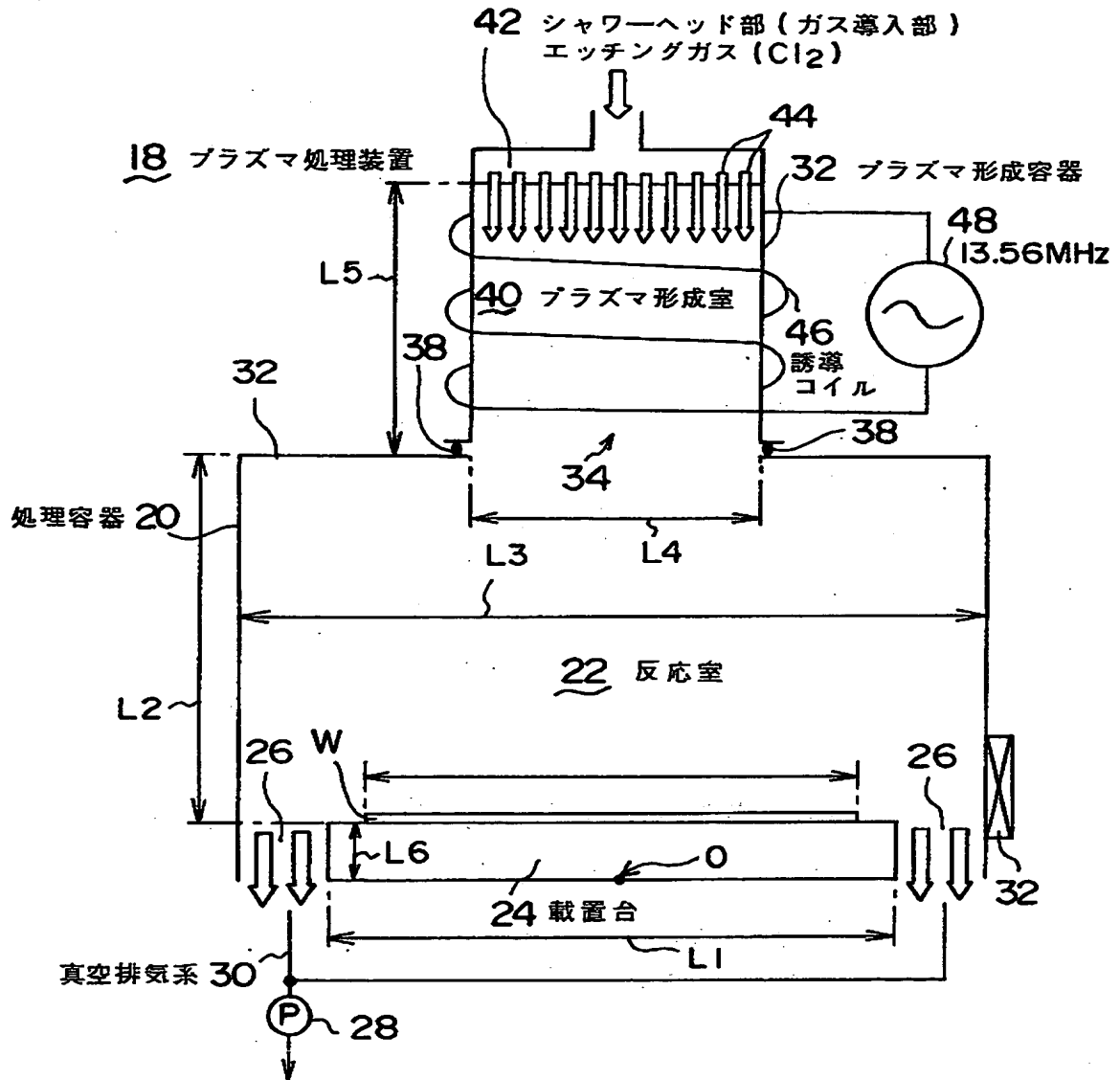
【符号の説明】

- 18 プラズマ処理装置
- 20 処理容器
- 22 反応室
- 24 載置台
- 30 真空排気系
- 36 プラズマ形成容器
- 40 プラズマ形成室
- 42 シャワーヘッド部（ガス導入部）
- 46 誘導コイル
- W 半導体ウェハ（被処理体）

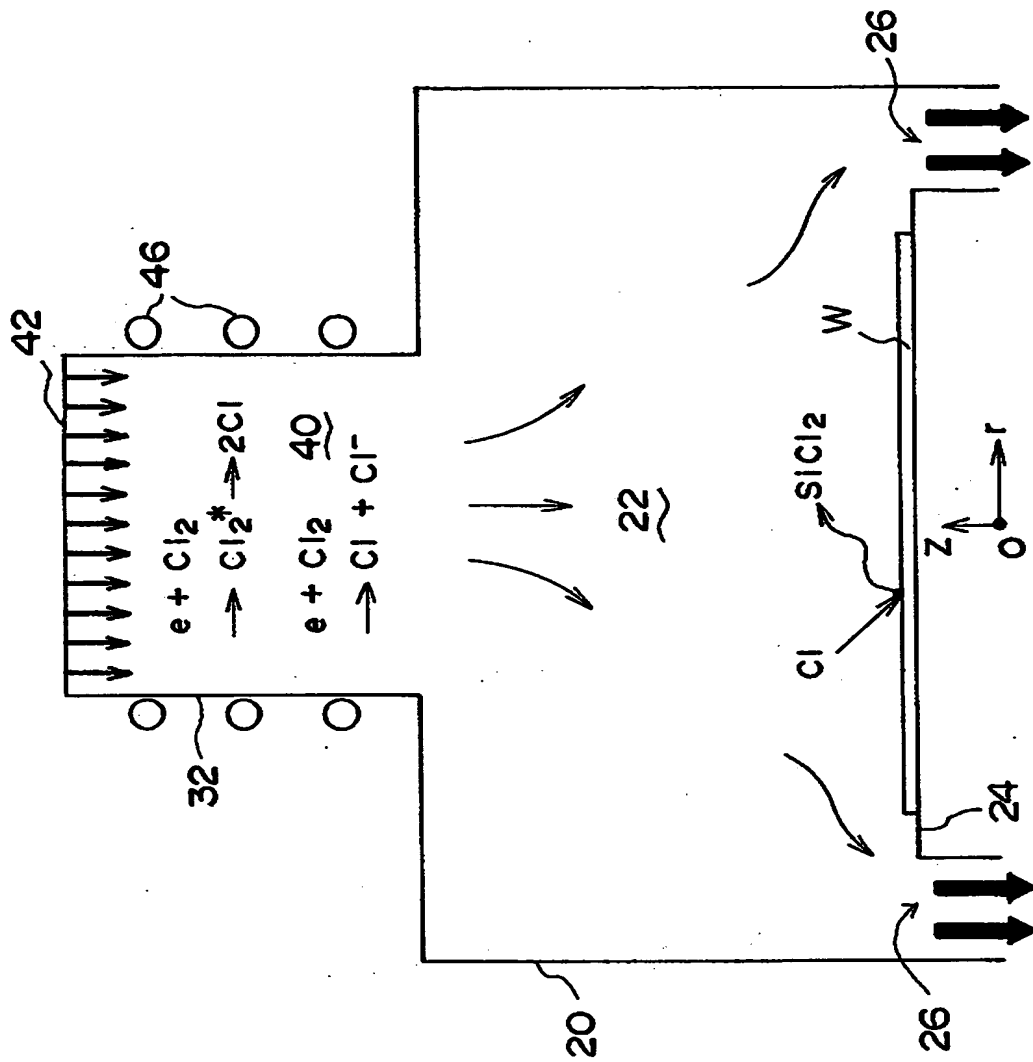
【書類名】

図面

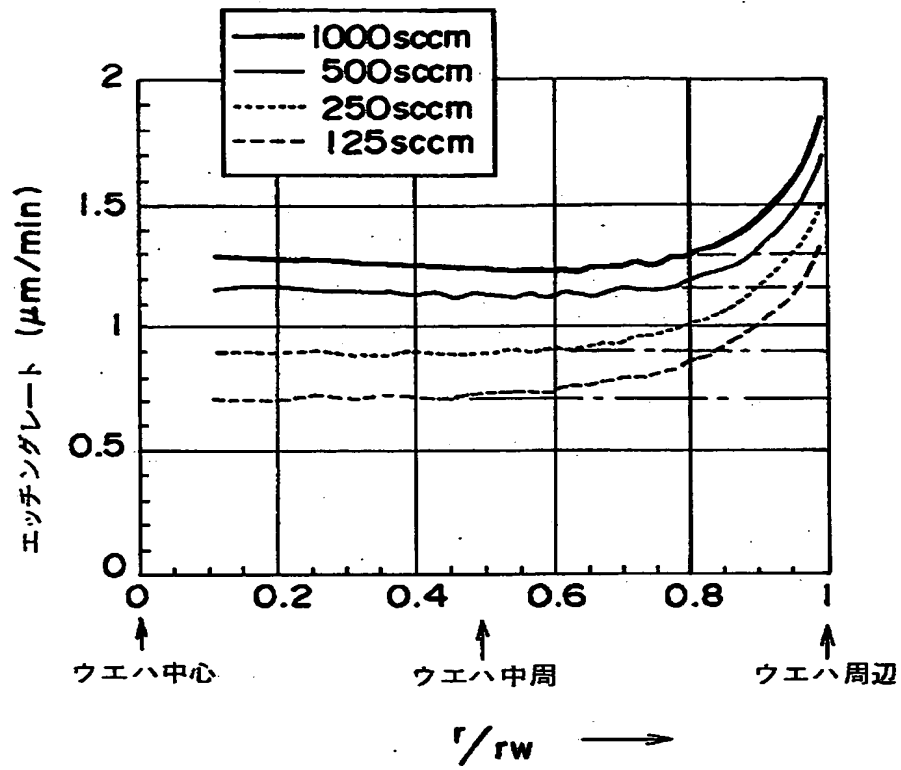
【図 1】



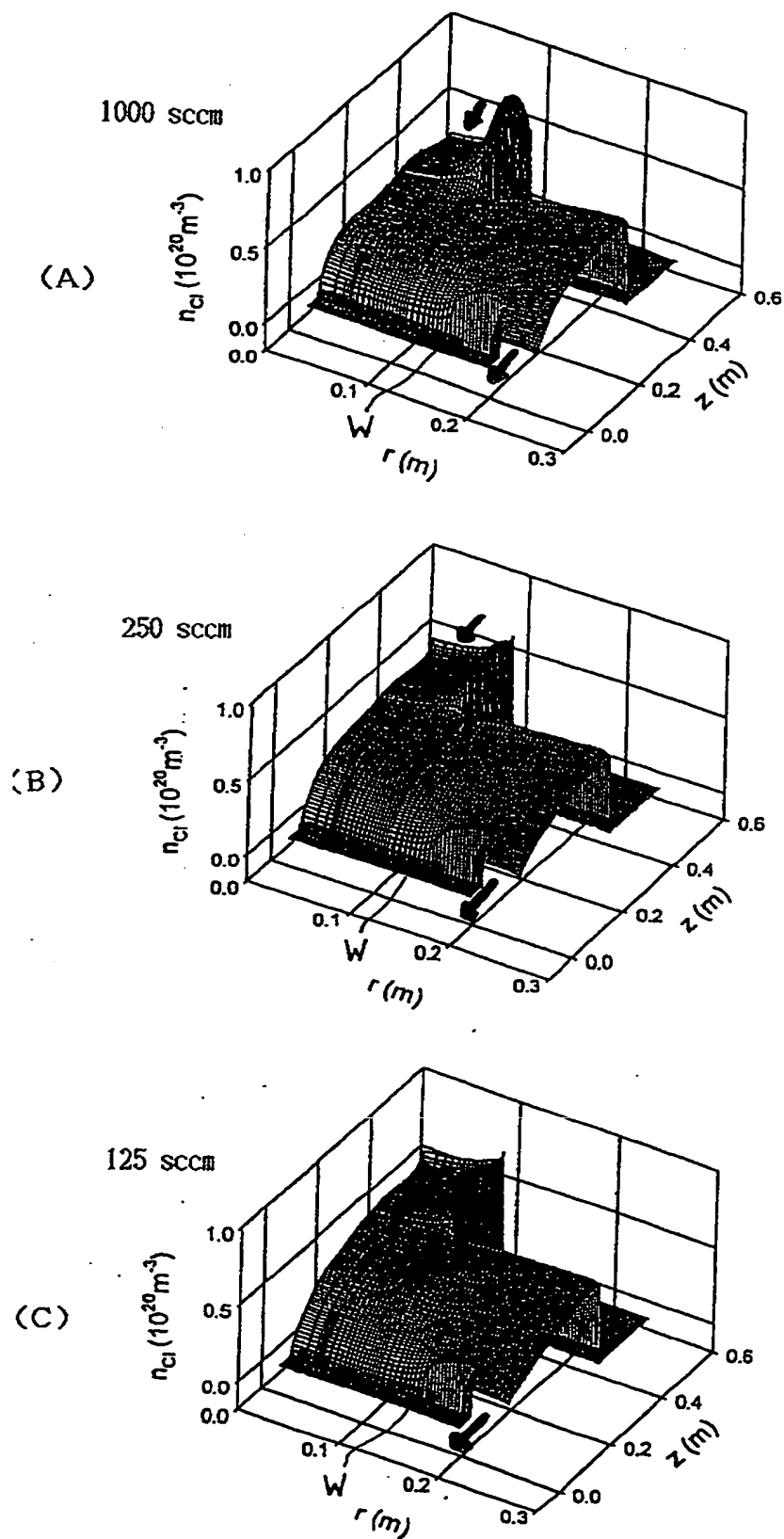
【図 2】



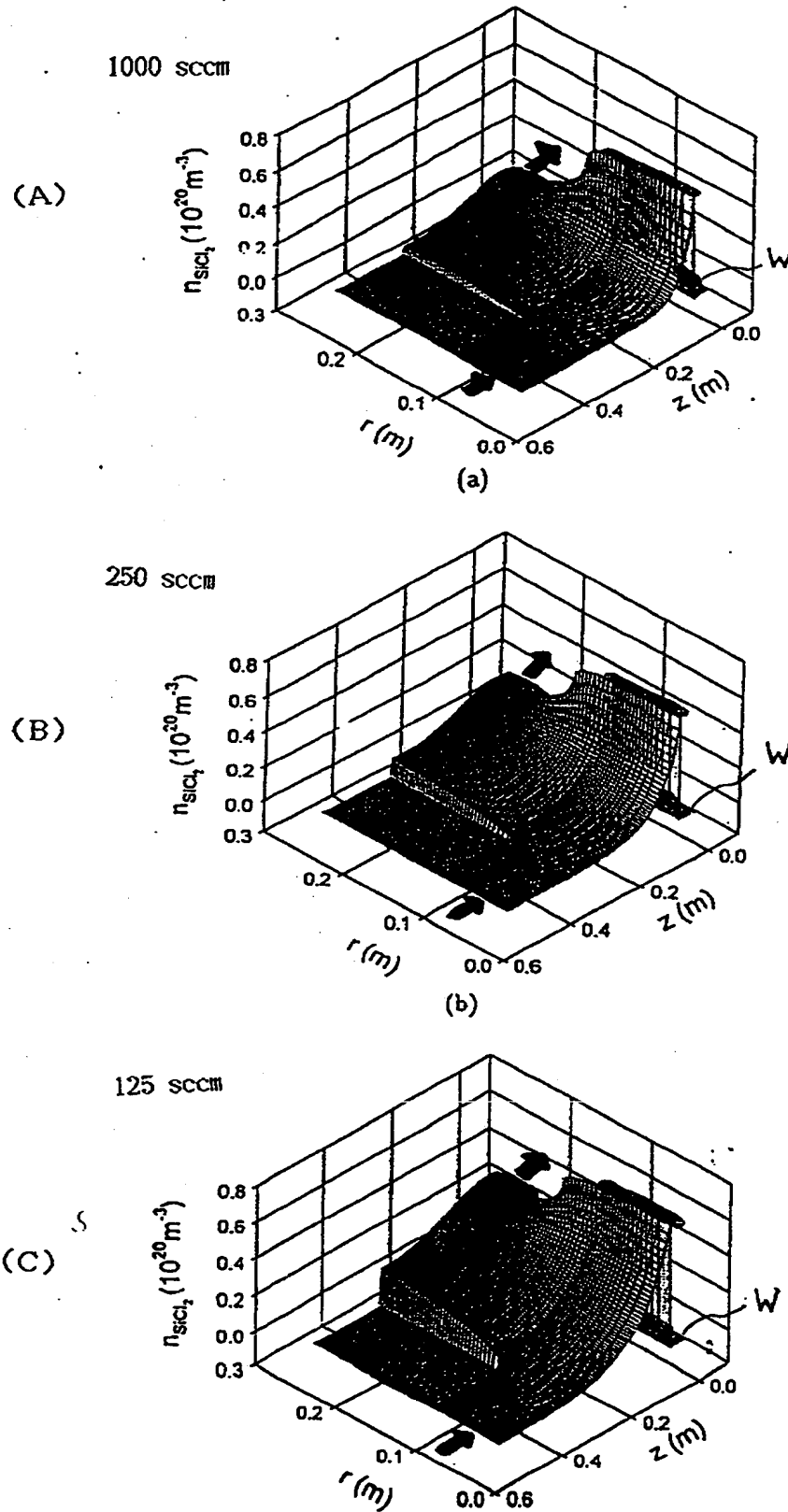
【図 3】



【図 4】

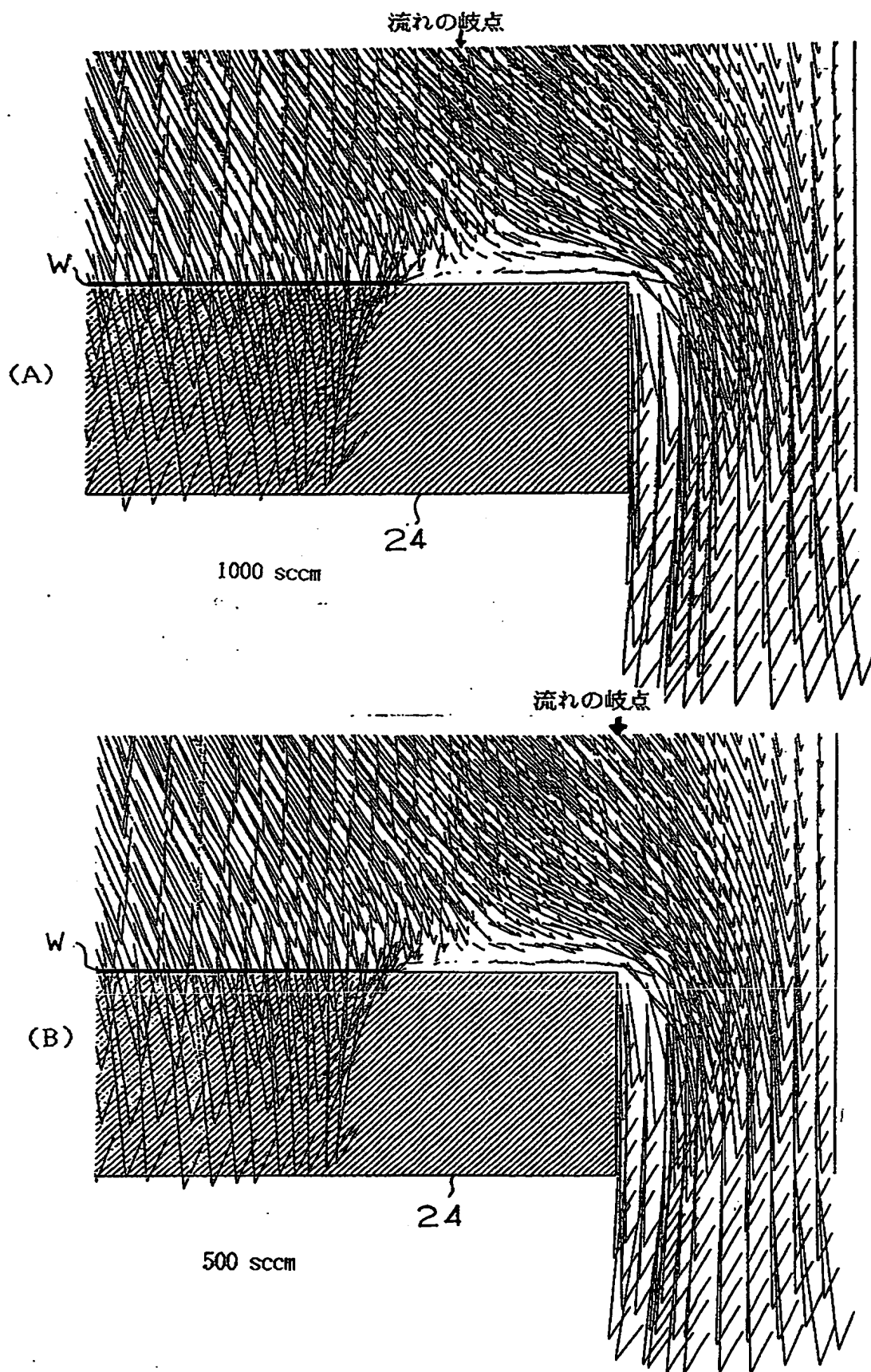


【図5】

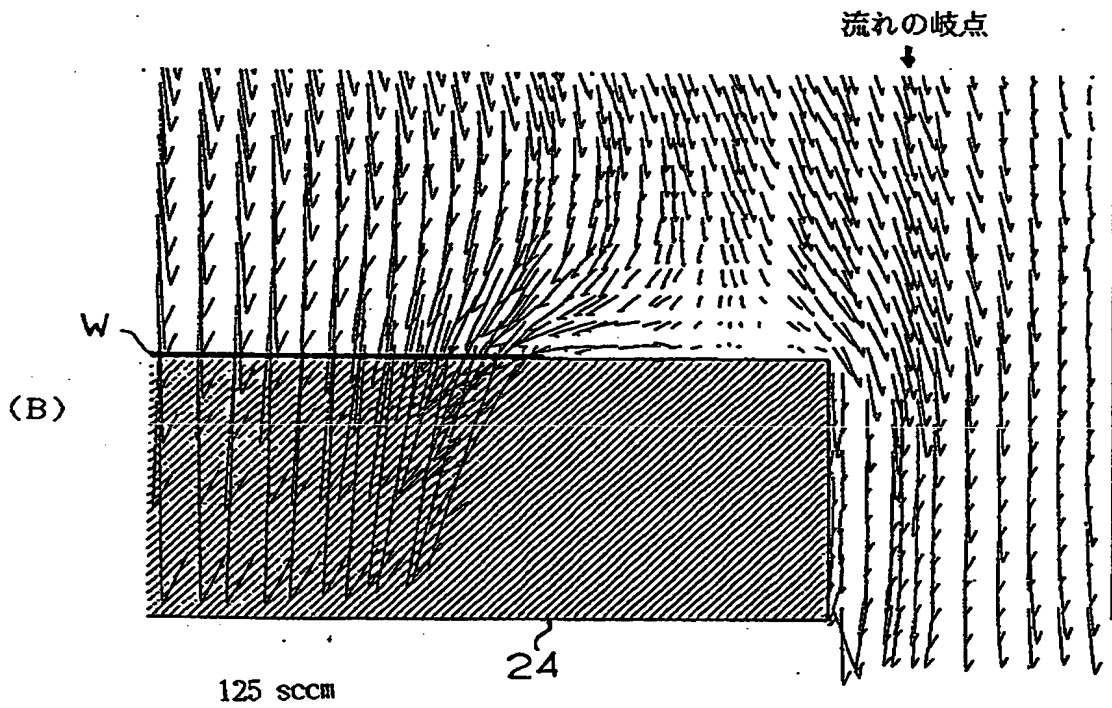
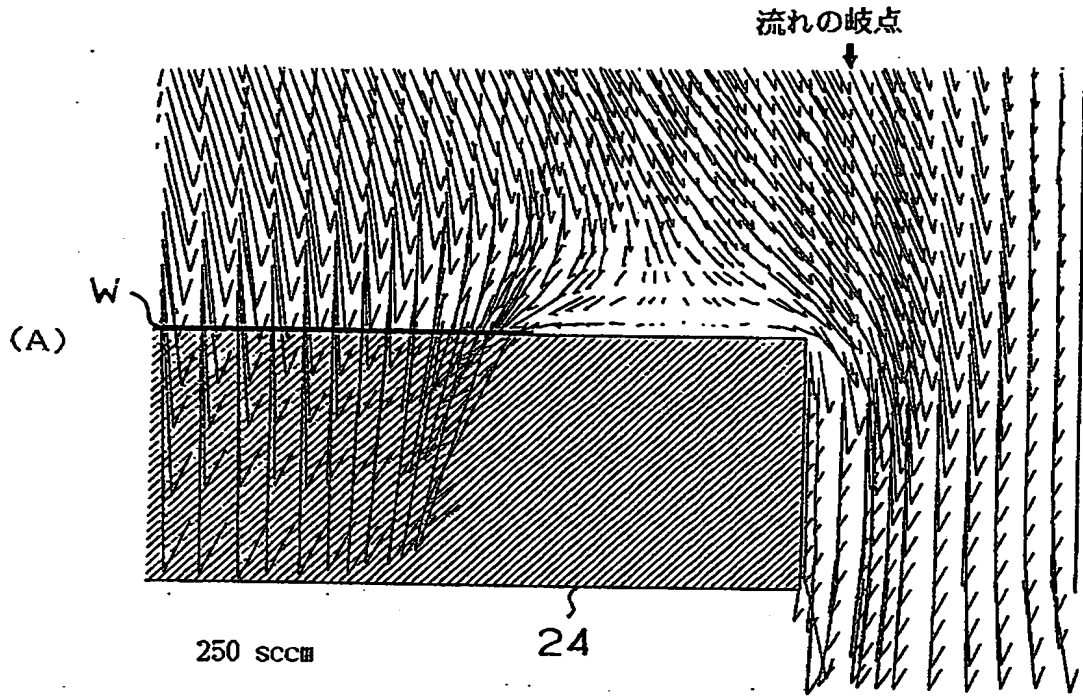


特平 10-089421

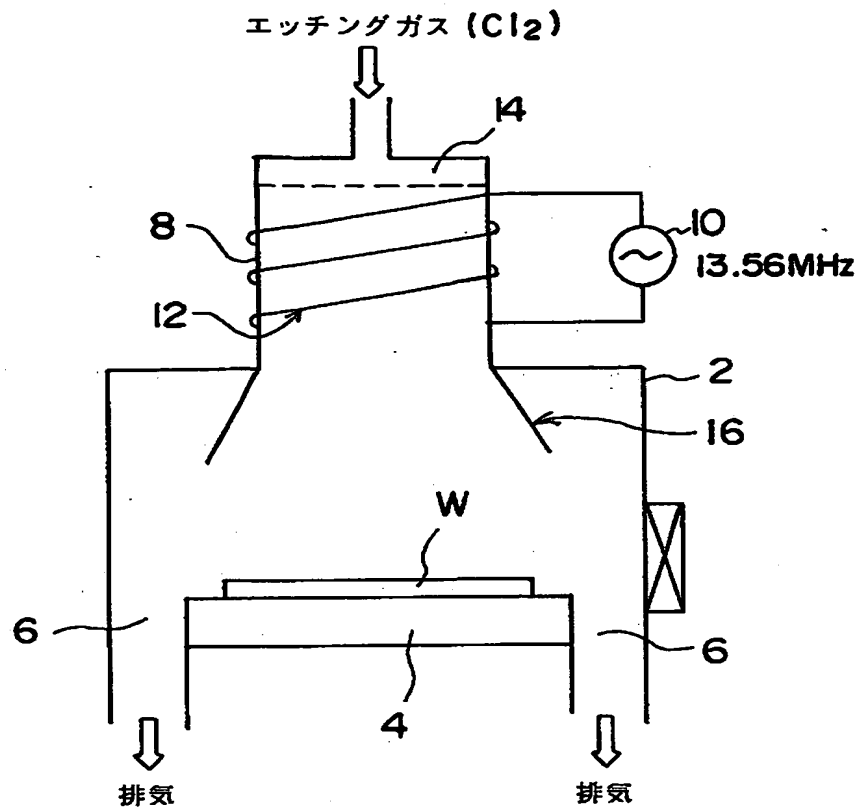
【図6】



【図 7】



【図 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 エッチングレートの面内均一性を大幅に改善することができるエッチング方法を提供する。

【解決手段】 エッチングガスを導入するガス導入部と、高周波により前記エッチングガスをプラズマ化することにより活性種を形成するプラズマ形成室と、このプラズマ形成室に連結されて前記プラズマ形成室よりも大きな直径の空間を有する反応室と、この反応室内に設けられて、前記プラズマ形成室から流下する前記活性種によりエッチング処理を施すための被処理体を載置する載置台と、前記反応室内を真空引きする真空排気系とを有するエッチング装置を用いて行なうエッチング方法において、前記エッチングガスを、前記反応室の実質的な容量の1リットルに対して8.4 s c c m以上の流量で供給する。これにより、エッチングレートの面内均一性を大幅に改善する。

【選択図】 図3

【書類名】 職権訂正データ
【訂正書類】 特許願

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】 598043618
【住所又は居所】 宮城県仙台市泉区高森四丁目2-347
【氏名又は名称】 南部 健一

【特許出願人】

【識別番号】 000219967
【住所又は居所】 東京都港区赤坂5丁目3番6号
【氏名又は名称】 東京エレクトロン株式会社

【代理人】

申請人
【識別番号】 100090125
【住所又は居所】 神奈川県横浜市中区長者町5-75-1-1120
浅井特許事務所
【氏名又は名称】 浅井 章弘

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000219967]

1. 変更年月日 1994年 9月 5日
[変更理由] 住所変更
住 所 東京都港区赤坂5丁目3番6号
氏 名 東京エレクトロン株式会社

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [598043618]

1. 変更年月日 1998年 3月18日

[変更理由] 新規登録

住 所 宮城県仙台市泉区高森四丁目2-347

氏 名 南部 健一